

Grandes telescópios da próxima década e Astronomia Espacial: a necessidade de participação em consórcios internacionais

Beatriz Barbuy¹

Albert Bruch²

Eduardo Janot Pacheco³

A astronomia brasileira no contexto global

A astronomia mundial se caracteriza hoje por colaborações internacionais. A complexidade da pesquisa moderna faz que esforços isolados de indivíduos ou pequenos grupos raramente tenham um impacto significativo e, portanto, não representam a forma mais eficaz do progresso da ciência. Isso decorre do fato de que a busca de respostas para as importantes perguntas científicas, em geral, requer a colaboração de especialistas em áreas distintas da astronomia, muitas vezes também envolvendo outras disciplinas da ciência, inclusive da tecnologia, e até com crescente importância a estreita colaboração com área-meio, como gerenciamento e financiamento. Tais considerações valem ainda mais, considerando os altos investimentos para criar as instalações e equipamentos observacionais necessários para responder às perguntas, aos quais se somam ainda os elevados custos para operá-las. Isso faz que todos os projetos de grande porte em astronomia, assim como em outras áreas, como a física de altas energias, estejam sendo conduzidos por meio de cooperações internacionais.

Consequentemente, a atuação bem-sucedida de uma comunidade astronômica nacional depende decisivamente da sua inserção na comunidade internacional. Por mais alto que seja seu patamar, a comunidade somente poderá crescer cientificamente se ela tiver acesso, de um lado, aos meios mais modernos para pesquisa astronômica, participando ativamente de grandes projetos de

1 Vice-coordenadora do Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG - USP).

2 Diretor do Laboratório Nacional de Astrofísica (LNA/MCT).

3 Presidente da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e Relator da Comissão Especial de Astronomia (CEA).

infraestrutura observacional, e do outro lado, ao acervo mundial de conhecimento (a saber, mentes) por meio de colaborações científicas além de fronteiras nacionais. Caso contrário, inevitável e rapidamente, vai perder espaço e não poderá exercer um papel significativo no futuro.

Atuando em conformidade com esse raciocínio, a astronomia brasileira atingiu maturidade e renome internacional. O Brasil é respeitado hoje na comunidade astronômica mundial como país altamente produtivo em termos de quantidade e qualidade e como parceiro confiável em colaborações internacionais como fica evidente, por exemplo, pelo crescente número de ofertas para participar de grandes projetos. Outra evidência para o reconhecimento, pelos demais países, do Brasil como um importante ator na astronomia global foi a escolha do Rio de Janeiro como local da Assembleia Geral da União Astronômica Internacional (IAU) em 2009. Este evento aumentou em muito a visibilidade da comunidade astronômica brasileira.

A comunidade astronômica brasileira tem seguido com bastante sucesso a evolução mundial da ciência e mais recentemente também da tecnologia astronômica. Alguns dos passos importantes nessa direção foram: (i) a formação de doutores no exterior (ocorrido principalmente com bolsas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) nas décadas de 1960 e 1970); (ii) a criação da pós-graduação no país nessa área e a orientação de novos doutores no Brasil; (iii) a instalação do Observatório no Pico dos Dias (OPD), em 1980, fornecendo pela primeira vez acesso garantido aos astrônomos brasileiros à infraestrutura observacional óptica competitiva; (iv) a associação aos projetos Gemini, com participação de 2,5% em dois telescópios de 8 metros de abertura, no Chile e no Havaí, com observações a partir do ano 2000; (v) a associação ao consórcio SOAR, telescópio de 4 metros no Chile, com participação de 34% e observações a partir de 2004; e (vi) finalmente, a criação de capacidades e competências para a construção de instrumentos astronômicos competitivos mundialmente. Outros passos importantes se referem à inserção em projetos internacionais da área da astronomia Espacial (CoRoT), astronomia de Altas Energias (Auger) e projetos nacionais na radioastronomia, além de uma articulação internacional expressiva em cosmologia.

Em consequência dessa evolução e com o apoio dos ministérios e agências ligados à educação e pesquisa, o Brasil conta hoje com uma comunidade de cerca de 300 astrônomos doutores e um número mais ou menos igual de estudantes de pós-graduação. Em 2009, esta comunidade publicou cerca de 300 artigos em revistas indexadas.

Faz parte da política do governo federal, formulada no Plano de Ação de CT&I do Ministério da Ciência e Tecnologia (Pacti/MCT), e deve se tornar política de Estado, a ampliação da participação brasileira em organismos e protocolos internacionais e o fortalecimento de programas de cooperação internacionais. O Pacti/MCT também cita como objetivo estratégico a criação de programas de acesso a grandes equipamentos de pesquisa no exterior (o que inclui telescópios).

O continuado fortalecimento da astronomia brasileira como parte de uma comunidade científica mundial deverá ser visto, portanto, como parte de uma política explícita do governo. O desenvolvimento científico, tecnológico e humano do Brasil depende de uma ciência forte.

Astronomia e tecnologia: os grandes projetos atuais e futuros da astronomia internacional

O desenvolvimento de novos detectores, de métodos de detecção a partir de satélites, de inovações na óptica, tal como a óptica adaptativa multiconjugada usando estrelas artificiais produzidas por feixes *laser* na alta atmosfera, o uso de espelhos segmentados simulando um único espelho gigante e sofisticados *softwares* permitiram que os instrumentos atuais e futuros cubram todas as faixas de comprimentos de onda e com espelhos e detectores cada vez maiores e mais avançados.

Apresentamos a seguir uma breve descrição dos instrumentos mais usados e conhecidos e em projetos da atualidade, desde micro-ondas até raios- γ :

- Micro-ondas: medidas da radiação de fundo de 2.7° K em micro-ondas, remanescente do Big Bang, foram obtidas pela primeira vez sem ambiguidades com o satélite COBE em 1990 (prêmio Nobel em 2006), em 2001 pelo WMAP e, em 2009, o satélite PLANCK foi posto em órbita;
- Radioastronomia: há, atualmente, dois grandes projetos para a próxima década. O primeiro é o *Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array* (ALMA), composto de 64 antenas, para medidas em 30-950 GHz. Um dos principais objetivos é estudar a Era Escura, durante a qual há aglomeração da Matéria Escura, formando as primeiras estruturas, vistas como regiões de poeira das primeiras galáxias e estrelas. Este projeto deverá estar completo em 2014. O segundo destes projetos é o *Square Kilometer Array* (SKA), prevendo medidas em 0.15-20 GHz e pretendendo mapear, entre outros, a distribuição de hidrogênio neutro (HI) antes da formação das primeiras estrelas e galáxias; Infravermelho: o satélite SPITZER, embora com espelho pequeno de 0,85 m, é atualmente um importante instrumento para medidas em 10-160 μm . O *James Webb Space Telescope* (JWST), sucessor do *Hubble Space Telescope*, que será lançado em 2014, terá cobertura no infravermelho na faixa 0.6-28 μm ;
- Óptico: trataremos da astronomia óptica na seção seguinte;
- Ultravioleta: há poucos instrumentos nessa faixa de comprimentos de onda, havendo notadamente o *Hubble Space Telescope* e alguns satélites pequenos, como GALEX e FIRST;
- Raios-X: há, atualmente, dois satélites principais, o XMM e o CHANDRA;
- Raios- γ : o satélite SWIFT vem detectando um grande número de fontes de raios- γ .

É importante informar que o Brasil não faz parte de nenhum destes projetos de impacto internacional, mas há membros da comunidade brasileira que esporadicamente conseguem obter alguns dados com alguns destes instrumentos. Isto se dá por meio de submissão de projetos diretamente, cujas chances de se obter aprovação são, certamente, menores do que para um astrônomo de países-membros do projeto, ou por meio de colaborações com astrônomo estrangeiro como principal investigador.

Resta ainda citar experimentos com as mais altas e as mais baixas energias. Projeto Auger: partículas de energias ainda mais altas que os raios- γ são detectadas em raios cósmicos. O Brasil faz parte desse projeto instalado na Argentina, que é atualmente o instrumento com maior sensibilidade para observar tais raios cósmicos; ondas gravitacionais: nunca detectadas diretamente, para tentar medir essas ondas de baixas frequências da ordem de KHz, há dois grandes projetos, o Ligo, nos EUA, e o satélite LISA para a próxima década. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) tem um grupo especializado nesta área que participa do projeto Graviton, uma rede de detectores, e que construiu no Brasil o detector Schenberg.

Astronomia óptica: telescópios gigantes da próxima década

Os anos 1990 foram marcados pela entrada em operação dos telescópios da classe de 8-10 metros. Há uma dezena destes telescópios: a) Keck: 2 telescópios de 10 metros no Havaí; b) *Very Large Telescope*: 4 telescópios de 8 metros no Chile; c) Gemini: 2 telescópios de 8 metros, um no Havaí e outro no Chile; d) Subaru: 1 telescópio de 8 metros no Havaí; e) Magellan: 2 telescópios de 6,5 metros no Chile; f) Grantecan: 1 telescópio de 10,4 metros nas ilhas Canárias; g) Hobby-Eberly: telescópio de 10 metros no Texas, EUA; h) SALT: telescópio de 10 metros na África do Sul; i) LBT: telescópio binocular, com 2 espelhos contíguos de 8 metros, no Arizona, EUA. O Brasil participa do consórcio Gemini, com direito a 2,5% do tempo de observação.

Atualmente, a astronomia óptica mundial está entrando na fase de telescópios de uma nova geração com abertura na faixa de 20-40 metros. Há três projetos em andamento:

- *Giant Magellan Telescope (GMT)*: Promovido por um consórcio de instituições dos EUA, com participação internacional, esse telescópio, com abertura efetiva de 24 metros, será localizado no Chile.
- *Thirty Meter Telescope (TMT)*: Liderado pela Caltech, EUA e Canadá, incluindo ainda outros parceiros internacionais, o projeto visa construir um telescópio com 30 metros de abertura em Mauna Kea, Havaí.
- *European Extremely Large Telescope (E-ELT)*: Trata-se de um projeto do *European Southern Observatory (ESO)* para a construção de um telescópio de 42 metros de abertura no Chile.

Os telescópios deverão estar operacionais em 2019. Os proponentes de todos os três projetos manifestaram um forte interesse de o Brasil se associar a eles.

Relembrando a necessidade mandatória para a continuada inserção do Brasil na comunidade internacional por meio da participação em grandes projetos de infraestrutura para a astronomia, entre outros, e considerando a favorável perspectiva econômica do país, pela primeira vez na história a comunidade astronômica sente segurança em contemplar a participação em projetos antes considerada impossível: recomenda-se que o Brasil se associe a um dos projetos acima mencionados para garantir o futuro acesso aos maiores e mais competitivos telescópios do mundo. Considerando que a janela de oportunidades não ficará aberta por muito tempo, uma decisão deve ser tomada em 2010.

No que se refere ao E-ELT, existem dois procedimentos possíveis: (i) uma participação direta no projeto, procurando acesso apenas a esse telescópio, ou (ii) uma associação do Brasil ao *European Southern Observatory* (ESO), via contrato entre países, fornecendo acesso imediato a toda infraestrutura observacional do ESO (Observatório de La Silla, VLT, Vista, Apex, Alma, E-ELT). Em reuniões locais e nacionais, uma maioria significativa da comunidade astronômica manifestou sua preferência para o Brasil entrar como sócio do ESO. Isso abre a oportunidade para que se evolua ainda mais, tanto competindo diretamente com uma fração importante da astronomia mundial por acesso a recursos observacionais e usufruindo dessa excelente emulação quanto por meio da colaboração com a mesma. Portanto, o Plano Nacional de Astronomia (PNA), que está sendo submetido ao MCT, sugere que seja avaliada a viabilidade dessa opção e, se for possível, que se estabeleçam negociações com o ESO, levando em conta as demais recomendações do PNA.

Participação em grandes projetos de levantamentos

Existe, anualmente, um número expressivo e crescente de projetos internacionais que visam realizar grandes levantamentos que gerarão uma quantidade enorme de dados. É do interesse da comunidade nacional ter acesso a esses dados. Ainda não é claro, em todos os casos, como esse acesso poderá ser garantido, tornando necessário estarmos preparados para atuar no momento certo. O Brasil já está envolvido com alguns desses projetos, como o DES e o J-PAS, e está negociando a participação ou tem manifestado interesse em outros grandes levantamentos, tanto no solo (p.ex., LSST) quanto no espaço (p.ex., Euclid – ver seção sobre astronomia espacial). Entretanto, para o aproveitamento dos dados, há necessidade de preparar a infraestrutura de armazenamento e transporte de dados, criar capacidades de processamento para a análise de volumes de informações sem precedentes na história da astronomia, além de treinar pessoal especializado.

A implementação de novos projetos, a ampliação de participações em projetos em andamento ou a formação de novas parcerias sempre deverá ser complementada por medidas no próprio país, visando ao melhor gerenciamento do projeto e à capacitação da comunidade brasileira para o uso eficiente e otimizado da infraestrutura. Isso implica o fornecimento dos recursos humanos necessários para dar apoio à comunidade e para tirar proveito das oportunidades tecnológicas oriundas dos investimentos feitos e a disponibilização de recursos financeiros para capacitação e treinamento, etc.

Astronomia espacial

No contexto internacional, vários dos grandes projetos em astronomia têm sido concebidos para funcionar em plataformas espaciais. Nos países com programas espaciais consolidados, uma parcela importante dos investimentos é feita em missões científicas, o que demonstra a concepção vigente nesses países de que missões científicas espaciais não só trazem grande prestígio às nações que as desenvolvem, como também propiciam importantes oportunidades para desenvolvimentos tecnológicos de ponta.

Em países em situação comparável à do Brasil, o cenário também já se desenha nessa direção, como mostram as iniciativas recentes da Índia (*Astrosat*) e da China (*Space Hard X-Ray Modulation Telescope*), além de projetos importantes da Rússia. Outro aspecto relevante a ser considerado é o fato de que os grandes projetos de observatórios espaciais da agência espacial dos Estados Unidos (Nasa), da agência espacial europeia (ESA) e do Japão têm procurado de forma crescente a participação de outros países em função dos elevados custos envolvidos. Nesse contexto, é estratégica a inserção do Brasil nesses projetos, sob pena de a astronomia brasileira privar-se de meios importantes de observação fora da atmosfera e passar a não ser competitiva no médio e longo prazo.

No país, as iniciativas atuais e do passado recente em astronomia espacial estiveram concentradas essencialmente no Inpe:

- A participação na missão Hete-2 (*High Energy Transient Explorer*): Operado entre 2000 e 2006, o Hete-2 foi o primeiro satélite dedicado ao estudo de surtos em raios gama. A participação brasileira se deu por meio da participação na equipe de investigadores da missão e na montagem e operação de uma estação de recepção (*Burst Alert Station*) na unidade do Inpe em Natal, RN.
- O Projeto Mirax (Monitor e Imageador de Raios X): Será a primeira missão liderada pelo Brasil projetada para ser lançada em 2014 como parte da carga útil do satélite científico Lattes. Tem o objetivo de realizar um levantamento do comportamento espectral e

temporal de um grande número de fontes transientes de raios X em escalas de tempo de horas a meses. Aberto para a participação de pesquisadores brasileiros, conta com a cooperação de várias instituições no exterior.

- A missão CoRoT, baseada na Universidade de São Paulo (USP), e com as colaborações principais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e do INPE, contém participação brasileira oficial em um satélite científico: o satélite CoRoT (*Convection, Rotation and Planetary Transits*) é o único projeto da astronomia espacial com participação direta do Brasil como parceiro. O CoRoT é um satélite predominantemente francês, dedicado principalmente à procura de exoplanetas rochosos e à sismologia estelar (análise de pulsações não radiais das estrelas). O país participa no CoRoT por meio de: (a) a utilização da estação do Inpe de Alcântara, (b) a participação de engenheiros/cientistas brasileiros na elaboração de *software* de calibração, correção instrumental e redução de dados; e (c) a participação de cientistas brasileiros nos grupos de trabalho, desde a definição, observação e análise preparatória das estrelas observadas, até a análise científica das medidas. Apesar de uma contribuição financeira pequena, o Brasil tem os mesmos direitos dos países europeus na exploração científica dos dados. Astrônomos de instituições brasileiras de várias partes do país têm participado cientificamente da missão CoRoT, sendo que essa participação deverá aumentar nos próximos anos.

A participação de outras instituições brasileiras em projetos da astronomia espacial ainda é muito incipiente. Por iniciativa de alguns pesquisadores, o Brasil já está engajado formal ou informalmente em quatro projetos da ESA em andamento ou aprovados recentemente, a saber, os satélites Gaia, Plato, Euclid e Spica. Outros pesquisadores atuam na análise de dados de sondas espaciais, explorando o sistema solar. Cogitam, para o futuro, a participação brasileira em missões de pequeno porte para a exploração de corpos próximos a Terra. Tal iniciativa atenderia inclusive o apelo por parte da Agência Espacial Brasileira (AEB) em ligar aplicações e desenvolvimento tecnológico.

Na medida em que o Programa Espacial é um dos 17 temas prioritários identificados no Plano de Ação de CT&I do MCT para 2007-2010, é oportuno que a área de astronomia seja considerada de forma relevante no programa. Considerando que o Programa Espacial Brasileiro é gerenciado pela AEB, a agência tem uma posição-chave no presente contexto. As instituições com atividades em astronomia devem atuar de forma articulada e integrada no sentido de levar à AEB não apenas projetos que aproveitem as oportunidades existentes, mas também ideias e iniciativas no sentido de induzir novos nichos de atuação na área de astronomia no setor espacial. Ainda neste contexto, existe um apelo por parte da AEB para que, ao pensar em astronomia espacial, a comunidade astronômica trabalhe no sentido de vincular o desenvolvimento tecnológico ao interesse científico, ponto muito importante em termos dos benefícios como um todo da pesquisa espacial.

Na medida em que a maioria dos grandes projetos internacionais em planejamento na área da astronomia espacial busca de forma intensa parcerias em virtude dos altos custos envolvidos em missões científicas competitivas, cabe discutir e elaborar uma estratégia comum que incentive a participação brasileira nesses projetos.

Como já foi dito, existem atualmente no Brasil alguns projetos e iniciativas na área de astronomia espacial. É importante que, a partir dessas experiências, o Brasil crie condições de expandir de forma significativa não só a concepção de missões brasileiras, mas também nossa participação em grandes projetos espaciais internacionais. No cenário nacional, apenas o MCT/Inpe conta atualmente com a infraestrutura e os recursos humanos capazes de desenvolver satélites e seus subsistemas, em parceria com a indústria aeroespacial.

É de interesse estratégico que as universidades e outros institutos se insiram ativamente no setor espacial. Para isso, é imprescindível que seja aberto um diálogo com a AEB no sentido de induzir a abertura de novas oportunidades na área de astronomia espacial. A comunidade acadêmica deve se mobilizar para criar uma demanda, de forma a estimular a AEB a investir em novos programas. Estes devem propiciar as condições financeiras e de recursos humanos necessários para que as universidades possam desenvolver projetos de instrumentos astronômicos para missões espaciais, fomentando um aumento considerável de atividades na área e trazendo benefícios concretos para a cadeia projetos-fabricação-lançamentos do país.

Recomendações

Com relação à astronomia óptica/infravermelha e os grandes projetos:

1. Há necessidade mandatória, para a continuada inserção do Brasil na comunidade internacional, por meio de participação brasileira em grandes projetos.
2. Recomenda-se que o Brasil se associe a um dos três projetos de telescópios gigantes mencionados, para garantir o futuro acesso aos maiores e mais competitivos telescópios do mundo. Considerando que a janela de oportunidades não ficará aberta por muito tempo, uma decisão precisa ser tomada ainda em 2010.
3. A opção E-ELT, que é o maior dos três telescópios e que apresenta os projetos de instrumentos mais performantes, pode ser atendida por meio de dois procedimentos possíveis:
 - uma participação direta no projeto, procurando acesso apenas a esse telescópio ou

- uma associação do Brasil ao ESO, via contrato entre países, fornecendo acesso imediato a toda a infraestrutura observacional do ESO (Observatório de La Silla, VLT, Vista, Apex, Alma, E-ELT).

Em reuniões locais e nacionais, uma maioria significativa da comunidade astronômica manifestou sua preferência para o Brasil entrar como sócio no ESO. Portanto, o PNA que está sendo submetido ao MCT sugere que seja avaliada a viabilidade dessa opção e, se for o caso, entrar em negociações com o ESO, levando em conta as demais recomendações do PNA.

Sugerimos, portanto, que os passos sejam: a) examinar a viabilidade de o Brasil ser sócio do ESO. Se isso for possível, estaremos automaticamente associados ao projeto E-ELT (além do radiotelescópio Alma e de todas as outras facilidades do ESO); b) se a entrada no ESO não for possível, verificar a entrada como sócio no E-ELT; c) neste caso, verificar igualmente as outras duas opções, GMT e TMT.

Com relação à astronomia espacial, sugere-se que:

1. As instituições brasileiras com atividades em astronomia devem interagir com o Inpe para desenvolver em conjunto um programa robusto de desenvolvimento de instrumentos para observações astronômicas a partir do espaço.
2. A AEB deve ser incentivada pela comunidade astronômica a definir uma estratégia de investimentos de recursos financeiros e humanos na área de astronomia espacial nas universidades e nos institutos de pesquisa, de modo a permitir o desenvolvimento de projetos, seleção, construção, lançamento e operação de plataformas espaciais de interesse científico.
3. O governo federal deve criar mecanismos que permitam o aproveitamento otimizado, de forma articulada e participativa entre as instituições, das oportunidades de inserção do país em grandes projetos internacionais de satélites e/ou missões espaciais na área de astronomia, astrofísica e cosmologia.
4. O MCT deve recomendar ao governo federal que providencie recursos financeiros em quantidade suficiente para que o Brasil atinja em breve um patamar de investimentos em ciência espacial compatível com o esperado para uma nação de seu porte.
5. As universidades devem incentivar a introdução progressiva de temas de astronomia e tecnologia espacial nos cursos de graduação existentes no país.